

**VŠB-Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra Elektroenergetiky**

**Vakuové vypínače – průzkum trhu**  
**Vacuum circuit breakers – market research**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Antonín Klenec**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Vakuové vypínače - průzkum trhu**  
**Vacuum circuit breakers - market researche**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Princip činnosti vypínačů

Popis vakuového vypínače

Výrobci a typy vakuových vypínačů – srovnání

Závěr - shrnutí dosažených poznatků

Seznam doporučené odborné literatury:

Elektrické přístroje spínací ochranné a jistící: Helštýn, Kačor, Hytka. VŠB-TU, Ostrava 2003

Elektrické přístroje I Ing. Otto Havelka, CSc. SNTL Nakladatelství technické literatury Praha, Ostrava 2003

Vakuový vypínač – teorie, design a aplikace Paul G. Slade, CRC press, Taylor & Francis Group Taylor & Francis Group, Boca Raton 2008

Firemní literatura ABB s.r.o, 2012

Firemní literatura Eaton Elektrotechnika s.r.o, 2012

Firemní literatura Siemens s.r.o., 2012

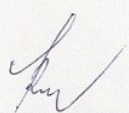
WWW stránky výrobců

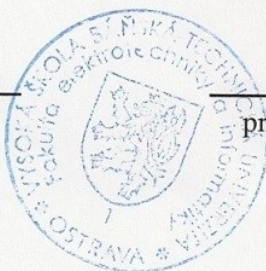
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

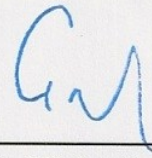
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. David Helštýn**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013

  
prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

Prohlášení:

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne: 5.5.2013

Antonín Klenec

Poděkování:

Tady bych chtěl především poděkovat Ing. Davidu Helštýnovi za vedení a poskytnuté rady při tvorbě mé bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Zaměřením bakalářské práce je: vakuové vypínače – průzkum trhu. Teoretická část je nejdříve zaměřena na vypínač obecně: co je to vlastně vypínač, principiální funkce, části vypínače a jeho dělení podle principu funkce. Následující kapitola je přímo zaměřena na vakuový vypínač, a jak se liší vypínání ve vakuu od běžného vypínání v plynném prostředí. Další část vakuových vypínačů je zaměřena na funkční členění zhášedla a popisu jeho hlavních funkčních částí, jako jsou: kontakty, izolační obálka, kryt a vlnovec.

Nakonec je provedeno srovnání vakuových vypínačů od tří největších firem podle předem stanovených požadavků, kde u každého vakuového vypínače dané firmy je uveden krátký popis, základního i rozšiřujícího vybavení a nákres vakuového vypínače.

## **Klíčová slova**

Vakuum, vypínač, vysoké napětí, elektrický oblouk, vypínací charakteristika, izolační obálka, kryt, vlnovec, zhášedlo, proud, napětí, mechanismus, zhášedlo, výzbroj, kontakty.

## **Abstrakt**

Aim of the bachelor thesis is: vacuum circuit breakers – market research. The theoretical part is first focused on the circuit breaker in general: what is a circuit breaker, principal function, circuit breaker parts and its division according to the principle of function. Next chapter is directly aimed on the vacuum circuit breaker, and how is different shutting down in the vacuum, from the common shutting down in the gaseous environment. Another part of the vacuum circuit breakers is focused on functional classification of the interrupter and description of its main functional parts, such as: contacts, insulating envelope, shield and bellows.

Finally, a comparison is made of vacuum circuit breakers from three the largest companies according to pre-established requirements, where at each vacuum circuit breaker of the relevant company is made a brief description of the basic and expanding equipment and the layout of the vacuum circuit breaker.

## **Key words**

Vacuum, circuit breaker, high voltage, electric arc, the power characteristics, insulating envelope, shield, bellows, interrupter, current, voltage, mechanism, equipment, contacts.

**Seznam použitých symbolů a značek:**

<b>symbol</b>	<b>název</b>	<b>jednotka</b>
ABB	Společnost ABB s.r.o.	[ - ]
Ag	Stříbro	[ - ]
B	Magnetická indukce	[ T ]
Bi	Bismut	[ - ]
Cu	Měď	[ - ]
Cr	Chrom	[ - ]
I	Elektrický proud	[ A ]
J	Proudová hustota	[ A · m <sup>-2</sup> ]
l	Délka	[ m ]
Mo	Molybden	[ - ]
Pa	Pascal	[ Pa ]
R <sub>k</sub>	Kontaktní odpor	[ Ω ]
Sb	Antimon	[ - ]
Sn	Cín	[ - ]
SF <sub>6</sub>	Fluorid sírový	[ - ]
t	Čas	[ s ]
Ti	Titan	[ - ]
T <sub>m</sub>	Teplota tavení kontaktů	[ K ]
U	Elektrické napětí	[ V ]
U <sub>k</sub>	Napětí mezi kontakty	[ V ]
vn	Vysoké napětí	[ V ]
vvn	Velmi vysoké napětí	[ V ]
W	Wolfram	[ - ]
WC	Karbid wolframu	[ - ]
Zr	Zirkon	[ - ]

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Princip činnosti vypínačů .....	9
2.1	Vypínač - obecný popis .....	9
2.2	Konstrukční členění .....	9
2.3	Druhy vypínačů pro výkonové vypínání .....	10
3	Popis vakuového vypínače .....	12
3.1	Vakuový vypínač – obecný popis .....	12
3.2	Oblouk ve vakuu .....	13
3.2.1	Difusní oblouk .....	14
3.2.2	Vysokotlaký oblouk .....	14
3.3	Vakuové zhášedlo .....	14
3.3.1	Zhášedla využívající radiální magnetické pole .....	15
3.3.2	Zhášedla využívající axiální magnetické pole .....	15
3.4	Materiály kontaktů vakuového zhášedla .....	17
3.4.1	Měď a na mědi založené materiály .....	17
3.4.2	Žárovzdorné materiály .....	17
3.5	Popis dalších částí vakuového zhášedla .....	18
4	Výrobci a typy vakuových vypínačů – srovnání .....	20
4.1	Nabídka firmy ABB .....	20
4.1.1	Technické parametry vypínače VM1 pro napětí 17,5 kV .....	21
4.1.2	Dovolený počet spínacích cyklů vakuových vypínačů VM1 .....	23
4.1.3	Popis výbavy vakuového vypínače .....	23
4.1.4	Rozměry vakuového vypínače VM1 1720-25 .....	24
4.2	Nabídka firmy Eaton .....	25
4.2.1	Technické parametry vypínače W-VACI pro napětí 17,5 kV .....	26
4.2.2	Popis výbavy vakuového vypínače .....	27
4.2.3	Rozměry vakuového vypínače W-VACi pro 17,5 kV s roztečí pólů 210 mm .....	28
4.3	Nabídka firmy Siemens .....	28
4.3.1	Technické parametry vypínače SION pro napětí 17,5 kV .....	29

4.3.2	Dovolený počet spínacích cyklů vakuových vypínačů SION .....	30
4.3.3	Popis výbavy vakuového vypínače .....	31
4.3.4	Rozměry vakuového vypínače SION 3AE1284-4 .....	31
4.4	Srovnání nabídky jednotlivých firem .....	32
5	Závěr .....	32
6	Seznam použité literatury .....	34

## 1 Úvod



Cílem této práce je popis vakuových vypínačů a srovnání jejich nabídky z pohledu tří největších firem, které s nimi operují na území České republiky.

První část je teoretická a slouží jako takový úvod do problematiky vypínačů obecně. Zabývám se zde jak funkčním, tak i typovým členěním vypínačů.

V další části, která je čistě věnována vakuovým vypínačům, zacházím zde do problematiky už trochu hlouběji a snažím se zde osvětlit vypínání ve vakuu, základní dva typy kontaktů a pohled na vývoj kontaktního materiálu od prvních experimentů po současnost. Dále popisují další důležité součásti vakuového zhášedla: vlnovec, izolační obálky a kryt zhášedla. V závěru provádím samotný průzkum trhu vakuových vypínačů pro vn v rámci České republiky a jejich srovnání.

## **2 Princip činnosti vypínačů**

### **2.1 Vypínač - obecný popis**

Je to přístroj, jehož účelem je zapínání i vypínání elektrického obvodu, a z této definice plyne, že vypínač má dva statické stavy:

- 1) Poloha zapnuto (kontakty jsou sepnuty, obvodem protéká jmenovitý proud)
- 2) Poloha vypnuto (kontakty jsou rozepnuty, obvodem neprotéká proud) [2]

Úkolem vypínače není jen trvalý přenos proudu, nebo trvalé rozpojení obvodu, ale je to i přechod z jednoho stavu do druhého, a tak se u vypínače objevují další dva stavy, a to stavy dynamické neboli přechodové:

- 1) Zapínání (proud vlivem přechodového děje narůstá z nulové hodnoty, až do ustálené hodnoty proudu)
- 2) Vypínání (vlivem přechodového děje proud klesá k nule a napětí na kontaktech stoupá, až do hodnoty napětí sítě) [2]

### **2.2 Konstrukční členění**

Vypínač se dá rozdělit do několika konstrukčních částí, a to na:

- 1) Proudovodnou část: Je to část určená k vedení proudu (svorky přístroje, spojovací části a kontakty). [1], [2]

- 2) Izolační část: Izolační materiály slouží jednak pro upevnění proudovodné části elektricky izolovaně od země a od vodičů druhých fází a ve vypnutém stavu vzájemnou elektrickou izolací obou kontaktů. Jako izolační materiál se používají materiály pevné, kapalné, plynné ale i vakuum. [1], [2]
- 3) Mechanismus: Slouží pro přesun kontaktů z polohy zapnuto do polohy vypnuto. [1], [2]
- 4) Zhášedla: Slouží pro rychlejší a účinnější uhasnutí oblouku při vypínání a používají se hlavně pro napětí vn, vvn a výše. [1], [2]
- 5) Výzbroj: Samotný vypínač je mnohdy potřeba dovybavit různými přístroji pro jeho rozšířenou funkci.
  - Pomocné signálové kontakty
  - Dálkové spouště (elektromagnetické)
  - Nadproudové (tepelné, elektromagnetické) a podpěťové spouště (elektromagnetické)
  - Dálkové pohony ruční (pákové, řetězové) nebo strojní (elektromagnetické, tlakovzdušné, střadačové, motorové)
  - Podvozek s možným pohybovým příslušenstvím
  - Různé druhy krytů (plastové, plechové, litinové, nevýbušné) [1], [2]

## 2.3 Druhy vypínačů pro výkonové vypínání

Během historie se vyvinulo mnoho druhů vypínačů, ať už od jednoduchých magnetických a kapalinových vypínačů, až po moderní bezkontaktní spínání. Můžeme je rozdělit na:

- 1) Magnetické vypínače: Podstatou magnetického zhášení oblouku je interakce magnetického pole oblouku s magnetickým polem proudovodné dráhy elektrického přístroje.
- 2) Kapalinové vypínače: Jsou to vypínače s vlastní zhášecí energií a jejich činnost je založena na tepelném rozkladu zhášecího média elektrickým obloukem, jako zhášedlo se nejčastěji používá voda, nebo olej.
- 3) Vypínače s tuhým hasivem: Fungují na podobném principu jako vypínače kapalinové, používají se ke zhášení oblouku, plynem vzniklým tepelným působením oblouku. Odlišují se od kapalinových v tom, že zdrojem těchto plynů není kapalina, ale pevná

plynotvorná látka.

- 4) Tlakovzdušné vypínače: Jsou to vypínače s cizí zhášecí energií. Zhášedlo je zde stlačený vzduch, který je zpravidla vyráběn do zásobníku tlakového vzduchu pomocí kompresoru, vzduch zde navíc je použit i ke všem mechanickým úkonům.
- 5) Plynové vypínače: Jedná se o vypínač s kontakty uloženými v zapouzdřené komoře a vyplněné plynem SF<sub>6</sub>. Plyn SF<sub>6</sub> zvyšuje izolační pevnost kontaktů a přispívá také k lepšímu chlazení vypínače. Plynové vypínače se používají pro napětí vn a výše.
- 6) Bezkontaktní spínače: Elektrický oblouk, který vzniká při vypínání přístroje, má negativní vliv na chod a životnost vypínače, a proto byla vždy u vypínačů snaha zkrátit dobu hoření oblouku na minimum, dělat kontakty odolné proti opalu a svaření elektrickým obloukem. Kdyby elektrický oblouk vůbec nevznikal, nemuseli bychom vůbec řešit tyto problémy, a proto bylo vyvinuto bezkontaktní spínání, kde se využívá vlastností polovodičových prvků jako je tranzistor, tyristor, triak a dioda. Jejich vlastnosti jsou:

a) Výhody:

- Neovlivňují magnetickým polem ostatní přístroje
- Pracují bez elektrického oblouku
- Nepotřebují zhášecí systém
- Nepotřebují spouštěcí kontaktní systém
- Větší spolehlivost a životnost
- Rychlost působení

b) Nevýhody

- Větší velikost.
- Nedochází ke galvanickému oddělení
- Větší výkonová ztráta v zapnutém stavu
- Málo napěťově a proudově zatížitelné (1,2 - 1,5 násobek jmenovité hodnoty)
- Cena [1]

7) Vakuové vypínače (věnuji se jim v kapitole č. 3) [1]

### 3 Popis vakuového vypínače

#### 3.1 Vakuový vypínač – obecný popis

Princip vakuového vypínače je znám od roku 1890, ale trvalo více než 100 let, než došlo k praktické realizaci z důvodů častého svaření kontaktů a přerušování proudu před přirozenou nulou. Konstrukce vakuového zhášedla se zdá být velmi jednoduchá, jak ukazuje (obr. 1), kde je znázorněn průřez vakuovým zhášedlem. Kontakty jsou uzavřené ve vakuové komoře původně vyráběné ze skla, ale později vyráběné z keramiky s velkým podílem oxidu hlinitého. Pohyblivý kontakt je spojen s vakuovou komorou pomocí vlnovce z nerezové oceli, který umožňuje otevírání a zavírání kontaktů při zachování vakua v komoře. Běžné hodnoty vakua uvnitř komory jsou asi  $10^{-4}$  Pa. Vlastnosti vakuových vypínačů jsou následující: [3]

##### a) Výhody:

- Kontakty nevyžadují údržbu
- Dlouhý život vypínače, který zpravidla závisí na stupni mechanického opotřebování vlnovce
- K pohonu zhášedla dostačuje relativně nízkonoenergetický mechanismus a může pracovat v jakékoliv poloze
- Tichý chod
- Systém je soběstačný, není třeba žádné plynové či olejové náplně
- Vnější prostředí nijak neovlivňuje výkonnost vypínače
- Díky tomu, že oblouk hoří ve vakuu, nehrozí riziko požáru, nebo výbuchu
- K přerušení oblouku stačí i relativně malá vzdálenost mezi kontakty
- Vakuové vypínače neznečišťují životní prostředí a jsou recyklovatelné

##### b) Nevýhody:

- Vysoké pořizovací náklady
- I přes rostoucí schopnost pracovat i při vysokém napětí, v oblasti velmi vysokého napětí jsou stále nenahraditelné vypínače s plynem SF<sub>6</sub>



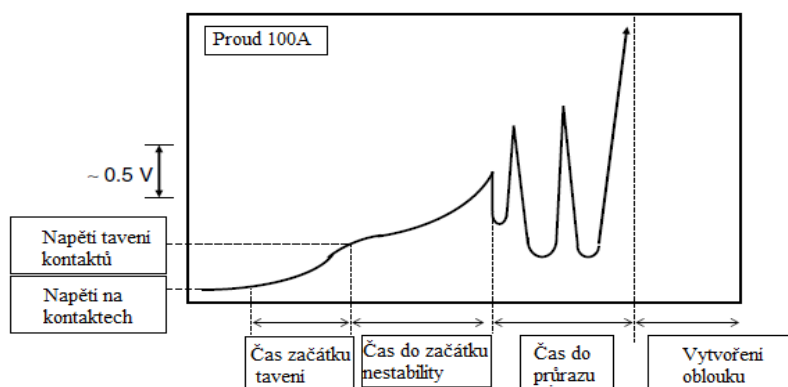
Obr. 1 Průřez vakuovým zhášedlem [6]

### 3.2 Oblouk ve vakuu

Oblouk v klasickém plynném prostředí vzniká, vždy při rozeptnutí kontaktů pod napětím, kdy dochází k ionizaci okolního plynného prostředí, až do takové míry, že se nashromáždí dostatečný počet volných nosičů náboje k zapálení oblouku.

Ve vakuu oblouk vzniká při oddálení kontaktů, po odpaření dostatečného množství kontaktního materiálu, jestliže proud a napětí v obvodu překročí určitou minimální mez, která je dána vlastnostmi kontaktního materiálu. [3]

Jakmile se kontakty začnou oddalovat, začne také růst kontaktní odpor  $R_k$  a napětí mezi kontakty  $U_k$ , až dosáhneme bodu teploty tavení kontaktů  $T_m$ . Jakmile se stykový bod mezi kontakty nataví, vytvoří se spojení mezi kontakty pomocí nataveného materiálu, jak ukazuje (obr. 2). Spoj z nataveného materiálu je zpočátku stabilní, pouze dochází k mírnému růstu napětí. S dalším oddalováním kontaktů se spoj stane nestabilním a dojde k průrazu a vzniku oblouku. [3]



Obr. 2 Růst napětí při oddalování kontaktů [3]

Podle tvaru můžeme oblouk rozdělit na:

- 1) Difusní
- 2) Vysokotlaký

### 3.2.1 Difusní oblouk

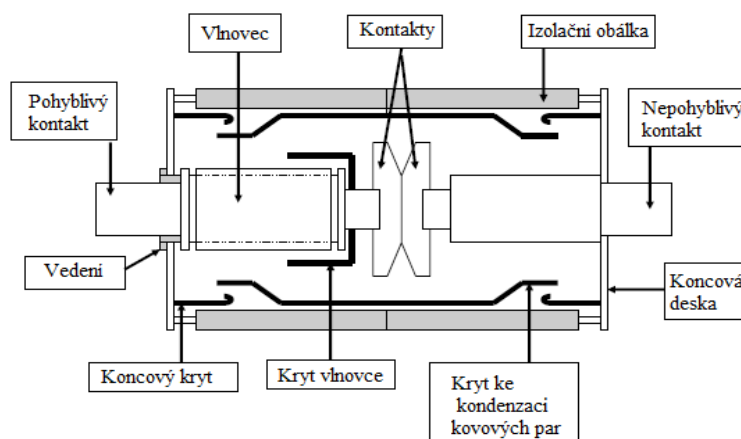
Po oddálení kontaktů vznikají tavné body rovnoměrně na celé ploše katodového kontaktu, ty zároveň produkují kovové páry, v nichž hoří oblouk. Při jmenovitém proudu je oblouk vždy difusního typu. [1]

### 3.2.2 Vysokotlaký oblouk

Při proudech větších než je jmenovitá hodnota začíná docházet k přemísťování plazmy směrem k anodě, čímž dochází k přehřívání anody. Aby se zabránilo k výraznější erozi a tepelnému zatížení na straně anody, musí se oblouk dostat do rotace. [1]

## 3.3 Vakuové zhášedlo

Obvyklé uspořádání vakuového zhášedla je znázorněno na (obr. 3). Kontakty jsou umístěny uvnitř vzduchotěsného obalu, kde tlak vzduchu dosahuje hodnoty kolem  $10^{-4}$  Pa. Při vypínání se kontakty od sebe oddalují, a to tak, že se pohyblivý kontakt oddaluje od nepohyblivého kontaktu. Pohyblivý kontakt je propojen s vlnovcem, který zabraňuje úniku vakua. Při oddálení kontaktů vznikne oblouk, který hoří skrz kovové výpary, které jsou uvolňovány z kontaktů. Kovové výpary postupně opouštějí mezikontaktní prostor a kondenzují na povrchu kontaktů a na krytu pro kondenzaci kovových par, který je izolován od jednoho nebo obou kontaktů a slouží k ochraně izolačního obalu proti nadměrné kondenzaci kovových par. Při průchodu proudu nulou ustane tvorba kovových par a začne růst dielektrická pevnost kontaktu, až oblouk uhasne. [3]



Obr. 3 Náčrtek průřezu vakuovým zhášedlem [3]

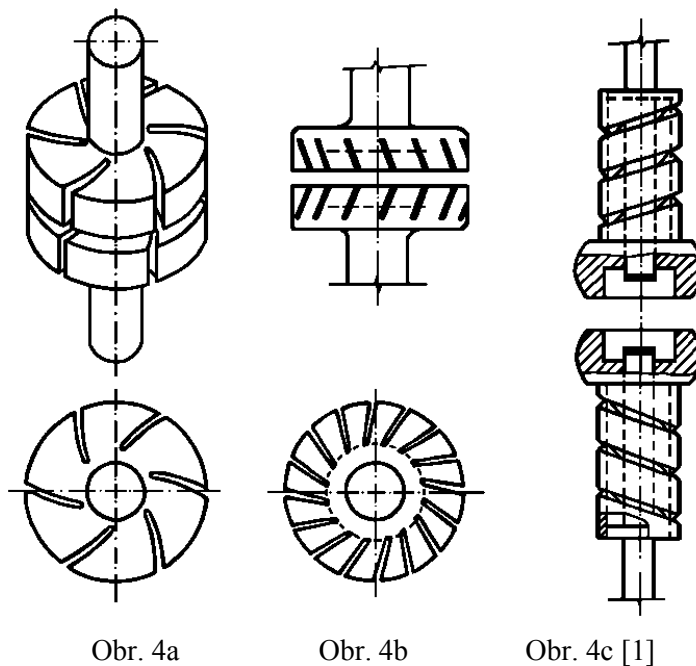
Zhášedla můžeme podle typu rozdělit na:

- 1) Zhášedla využívající radiální magnetické pole
- 2) Zhášedla využívající axiální magnetické pole

### 3.3.1 Zhášedla využívající radiální magnetické pole

Jedná se o nejstarší používané konstrukce. Provedení kontaktu může být provedeno buď ve tvaru spirály (obr. 4a), nebo se zářezy (obr. 4b), ale také jako se spirálovými stínícími elektrodami a válcovými čelními kontakty (obr. 4c). [1]

Pracují na principu vzájemné interakce vnějšího magnetického pole vytvářeného proudem protékajícím kontakty a magnetického pole oblouku vznikají elektrodynamické síly, které uvádějí oblouk do rotace po kontaktech. Oblouk obíhá po kontaktech rychlostí  $70 - 150 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , tím je dosažena menší eroze kontaktů a také zlepšení vypínací schopnosti. Hlavní výhoda je jednoduchost tohoto řešení. [1]



*Obr. 4 a, b, c, - Kontakty využívající radiálního magnetického pole [1]*

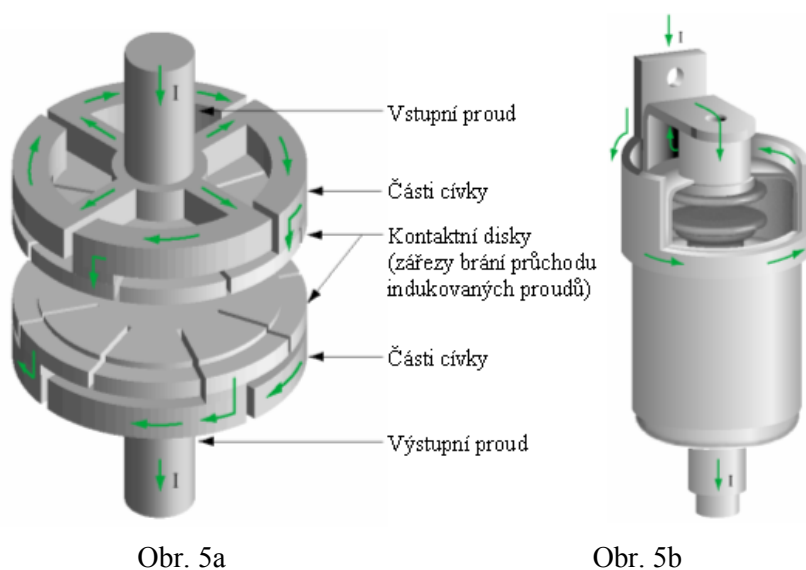
### 3.3.2 Zhášedla využívající axiální magnetické pole

K tomu, aby oblouk zůstal v difusní formě je nutno splnit 2 podmínky:

- a) Indukce působící v axiálním směru musí být dostatečně velká ( $B = 3,9 \text{ mT}$  na každých  $10 \text{ kA}$ )

- b) Plocha kontaktu musí být dostatečně velká pro daný proud (proudová hustota  $J$  nesmí přesáhnout  $17 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$ ) [1]

Axiální magnetické pole se dá vytvořit několika způsoby s pomocí proudu, který má vypnout. Jednou z možností je použití cívek začleněných do kontaktů (obr. 5 a). Jinou možností je využití externí cívky, která obklopuje zhášedlo (obr. 5 b). Přidáním cívky se zvětší celkový odpor kontaktů, proto jsou tato zhášedla nevhodná tam, kde se používají velké průchozí proudy. Díky tomu, že kontakty nejsou tak hranaté tak jako u kontaktů pracujících s radiálním magnetickým polem, tak ovlivňují méně izolační pevnost zhášedla. Proto se hodí pro aplikace pracující s vysokým napětím. [1]



Obr. 5 a, b - Kontakty využívající axiálního magnetického pole [1]

Kontakty využívající principu jak radiálního, tak i axiálního magnetického pole mají své silné i slabé stránky a každý se hodí na určité oblasti použití (tab. 1).

Způsobnost:	radiální magnetické pole	axiální magnetické pole
Vysoký průchozí proud	velmi dobrá	průměrná
Vysoká napěťová zatížitelnost	průměrná	velmi dobrá
Elektrická odolnost	průměrná	velmi dobrá
Vypínací schopnost	dobrá	dobrá

Tab. 1 Vhodnost radiální a axiální vypínací techniky [1]



### 3.4 Materiály kontaktů vakuového zhášedla

Prostředí vakua má tu výhodu, že můžeme použít i materiály, které jsou z hlediska prostředí jako vzduch či plyn  $\text{SF}_6$  méně vhodná. Navíc změna povrchu kontaktů po uhasnutí oblouku je způsobena jen vlastním přenosem materiálu a netvoří se zde žádné oxidy jako ve vzdušném prostředí, které by ovlivňovaly vodivost kontaktů. Také vakuum dovoluje přerušit elektrický proud o velkém napětí relativně malým oddálením kontaktů. [3]

#### 3.4.1 Měď a na mědi založené materiály

Většina prvních experimentů s používáním vakuového zhášedla použila pro kontakty čistou měď a ta se ukázala jako nevhodný materiál, protože při vypínání velkých proudů docházelo ke svaření kontaktů. Tato vlastnost zabránila v používání jak čisté mědi, tak i všech čistých kovů, s výjimkou wolframu. [3]

První použitelný materiál pro vypínání velkých proudů byla měď s příměsí dalšího prvku a bismutu. Nevýhodou této slitiny byla velká eroze kontaktů, malá mechanická pevnost a vysoké procento případů přerušení proudu před přirozenou nulou. [3]

Další vývoj vedl k vytvoření nových slitin mědi s příměsí asi 0,5% bismutu. Tento materiál měl dobrou schopnost přerušovat proud, dokázal odolávat relativně velkým napětím a moc nedocházelo ke svaření. [3]

S příchodem slitiny Cu-Cr se prakticky vývoj slitin na bázi Cu-Bi zastavil. Materiály kontaktů založené na slitině Cu-Cr jsou v současnosti zřejmě nejpoužívanější. [3]

#### 3.4.2 Žáruvzdorné materiály

Nejběžnější materiály v této skupině jsou W-Cu a Mo-Cu a jejich variace (W-Cu-Ti-Bi, W-Cu-Ti-Sn, W-Cu-Ti, W-In-Cu, W-Cu-Zr, W-Zr, W-Cu-Bi). V těchto slitinách je wolfram (>50%) použit jako žáruvzdorný materiál a spolu s dalším kovem, který je tu pro zajištění dobré elektrické vodivosti. Přidaný materiál je obvykle měď nebo slitiny mědi. [3]

Materiály na bázi W-Cu snadno přeruší malé proudy při vypínání difusního oblouku, s přerušováním vysokotlakého oblouku už má problémy. Tento materiál velmi dobře odolává velkým napětím, je odolný proti svaření a má dostatečnou schopnost netřhat proud.

W-Cu nalézá uplatnění hlavně pro spínání přerušované zátěže a u kapacitních spínačů do proudu kolem 2 kA. [3]

Dalším materiálem v této skupině, který je běžně používán je karbid wolframu a stříbro.

Nachází široké uplatnění pro vakuová zhášedla pro napětí 400 V – 15 kV. Tento materiál způsobuje jen malá přepětí při vypínání díky tomu, že se nehodí k vypínání vysokofrekvenčních proudů, dále je tu dobrá schopnost vypínání proudu při průchodu nulou a velká odolnost proti svaření. Hlavní nevýhodou tohoto materiálu je ale cena, proto se zkoušejí nové materiály jako je WC–Cu a W–Cu–Sb. [3]

### 3.5 Popis dalších částí vakuového zhášedla

Mezi další důležité části vakuového zhášedla patří:

a) Izolační obálka: Na tělo vakuového zhášedla se používají jen dva typy materiálů a to:

- 1) Sklo
- 2) Keramika s velkým podílem oxidu hlinitého

S vývojem vakuové techniky se stal dominantní materiál keramika, z důvodů následujících:

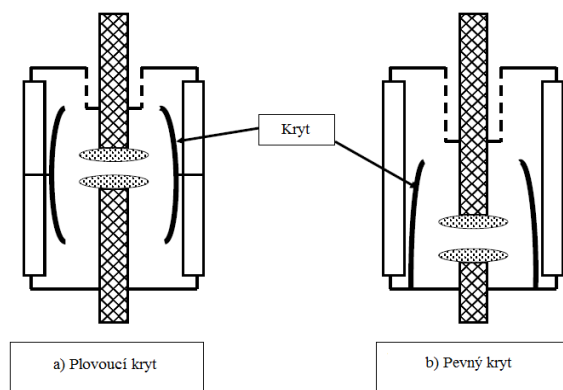
- Odolává vyšším teplotám
- Je zabráněno prostupu helia izolační obálkou a velmi je omezen vstup vodíku
- Není tak křehká jako izolační obálka ze skla

Běžné vakuové vypínače jsou keramické, válcového tvaru, vyráběné ze směsi oxidu hlinitého (94%) a křemene (6%). Válec izolační obálky je vytvářen z této směsi a je pro vytvrzení vložen do horkovzdušné pece. Po dokončení vytvrzovací procedury a vychlazení je potřen glazurovacím materiálem a znovu vytvrzen v horkovzdušné peci. [3]

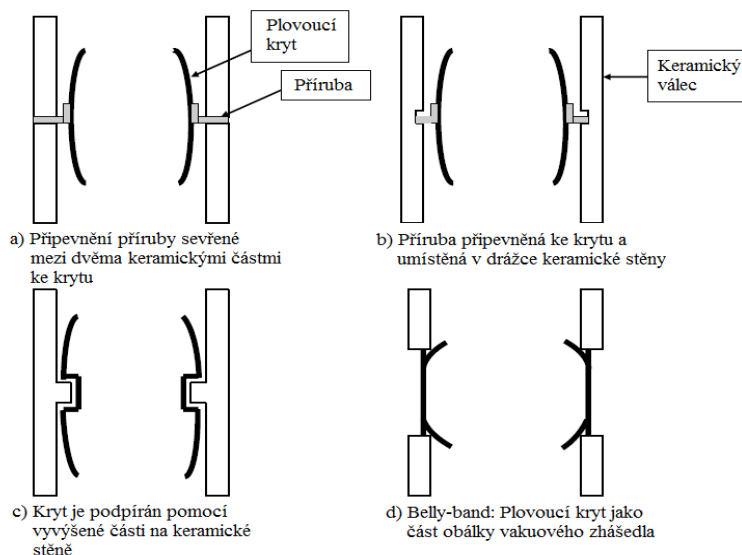
b) Kryt: Jedná se o podstatnou součást vakuového zhášedla, má několik významů:

- Zachycení kovových par vznikajících v oblouku a zabezpečení tak vnitřní izolace keramické obálky
  - Rovnoměrné rozložení napětí uvnitř vakuového zhášedla a docílení tak dlouhé životnosti
  - Ochrana keramické obálky proti záření a teple, které vzniká při hoření oblouku
- [3]

Kryt je buď připevněn ke konci vakuového zhášedla, většinou ke koncové desce, a nebo se v prostoru tzv. „vznáší“, či „plove“ (obr. 6). Obr. 7 ukazuje čtyři možné způsoby provedení plovoucího krytu. První možnost je připevnění příruby sevřené mezi dvěma keramickými částmi ke krytu a následné připájení na místo během procesu výroby (obr. 7a). Druhý způsob je, že je příruba připevněná ke krytu, která je dále umístěna v drážce uvnitř keramické vnitřní stěny (obr. 7b). Třetí možností je, když kryt je podpírán pomocí vyvýšené části na keramické vnitřní stěně (obr. 7c). Toho může být dosaženo několika způsoby, např. použitím krytu složeného ze dvou částí, nebo vytvarování měkkých kovů, jako je měď na vyvýšenou část keramiky, jakmile je kryt na místě. Někteří výrobci dokonce pokovovávají vyvýšenou část keramiky k tomu, aby ji mohli k ní kryt připájet. Čtvrtá metoda spočívá v tom udělat plovoucí kryt částí obálky vakuového zhášedla. Tento způsob se nazývá tzv. „belly-band“, což je česky něco jako břišní pás. Tento typ krytu je většinou vyráběn z odplyněné mědi (obr. 7d). [3]



Obr 6 a, b - Ukázka plovoucího krytu a pevného krytu [3]



Obr 7 a, b, c, d – Typy připevnění plovoucího krytu ke keramickému válci [3]

- c) Vlnovec: Vlnovec umožňuje pohyb pohyblivého kontaktu při zachování vakua uvnitř zhášedla. Vlnovec je vyroben z nerezové oceli o tloušťce okolo 150  $\mu\text{m}$ . Tři typy vlnovce se používají u vakuových zhášedel:

- 1) Bezešvý: Vodou tvarovaný vlnovec
- 2) Odporově-svařovaný
- 3) Vlnovec vykrajovaný z tenké nerezové oceli pomocí vodního paprsku [3]

Jeden konec vlnovce je nepohyblivý a je připájen ke koncové desce vakuového zhášedla. Druhý konec je připájen k pohyblivému kontaktu a pohybuje se s kontaktem při otevírání a zavírání kontaktů. Ve vakuovém zhášedlu je vlnovec vystavený impulzivnímu pohybu s tím, jak se kontakty otvírají a zavírají. Rychlost otevírání kontaktů může vylétnout z 0  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  na 2  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  za méně, než 100  $\mu\text{s}$ . Vlnovec velkou měrou ovlivňuje životnost vakuového vypínače, protože jak už bylo řečeno životnost vakuového vypínače nejvíce závisí na mechanické části. Životnost vlnovce u vakuových vypínačů je asi 30 000 operačních cyklů. [3]

#### 4 Výrobci a typy vakuových vypínačů – srovnání

Na území České republiky působí tři velcí výrobci vakuových vypínačů a to ABB, Eaton a Siemens. Rozhodl jsem se udělat srovnání vakuových vypínačů pro vn pevného provedení a to konkrétně pro parametry:

- Jmenovité napětí 17,5 kV
- Jmenovitý proud 2000 A
- Jmenovitý vypínací zkratový proud 25 kA
- Jmenovitý zapínací zkratový proud 63 kA

##### 4.1 Nabídka firmy ABB

Firma ABB nabízí vakuový vypínač VM1 pro pevné a výsuvné provedení, který využívá vakuová zhášedla uzavřená v pólech z pryskyřice. Uzavření zhášedel v pryskyřici značně zvyšuje pevnost pólů vypínače a chrání vypínače proti rázům, usazování prachu a vlhkosti. Zhášedlo, ve kterém jsou kontakty uloženy, nahrazuje zhášecí komoru. [4]

Pohon kontaktů zhášedel je prováděn jedním magnetickým pohonným zařízením řízeným senzory polohy a elektronickým modulem. Energie požadovaná pro ovládání je zajišťována kondenzátory, které zajišťují dostatečné množství energie. [4]

Elektronický řídicí obvod, který je nedílnou součástí vypínače VM1 se vyznačuje vlastnostmi:

- Vysoká elektromagnetická odolnost
- Automatická diagnóza energie kondenzátoru
- Velkým rozsahem pomocného napájení na stejnosměrný a střídavý proud
- Malou spotřebou pro udržování energie kondenzátorů
- Vymezení stavu vypínače (vypnuto – zapnuto) pomocí senzorů polohy
- Monitorování všech vypínacích funkcí [4]

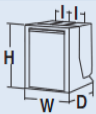
Díky použití uzavřených zhášedel a magnetického pohonu, vypínače VM1 zaručují:

- Odolnost
- Spolehlivost
- Dlouhou životnost
- Bezúdržbový provoz [4]

#### 4.1.1 Technické parametry vypínače VM1 pro napětí 17,5 kV

Vypínač	VM1 17									
Normy	ČSN EN 62271-100 ■ (IEC 62271-100) ■									
Jmenovité napětí	Ur (kV)	17.5								
Jmenovité izolační napětí	Us (kV)	17.5								
Jmenovité výdržné napětí při 50 Hz	Ud (1 min.) (kV)	38								
Jmenovité výdržné napětí při atmosf. impulsu	Up (kV)	95								
Jmenovitý kmitočet	fr (Hz)	50-60								
Jmenovitý proud (40 °C)	(2) Ir (A)	630	630	1250	1250	1600	1600	2000	2000	2500
Jmenovitý zkratový vypínací proud (jmenovitý symetrický zkratový proud)	Isc (kA)	16	16	16	16	–	–	–	–	–
		20	20	20	20	20	20	20	20	20
		25	25	25	25	25	25	25	25	25
		31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud (3 s)	Ik (kA)	16	16	16	16	–	–	–	–	–
		20	20	20	20	20	20	20	20	20
		25	25	25	25	25	25	25	25	25
		31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5	31.5
Zkratový zapínací proud	Ip (kA)	40	40	40	40	–	–	–	–	–
		50	50	50	50	50	50	50	50	50
		63	63	63	63	63	63	63	63	63
		80	80	80	80	80	80	80	80	80
Sled spínání	O-0,3s-CO-3min-CO	■								

Obr. 8 Technické parametry vypínačů VM1 pro napětí 17,5 kV část a [4]

Doba vypínání	(ms)	35...45								
Doba hoření oblouku	(ms)	10...15								
Celková doba vypínání	(ms)	45...60								
Doba zapínání	(ms)	50...60								
Mechanické spínací cykly	Pohon	(Počet)	... 100.000							
	Zhášedla	(Počet)	... 30.000							
Elektrické spínací cykly	Jmenovitý proud	(Počet)	... 30.000							
	Při zkratu	(Počet)	... 100							
Maximální celkové rozměry		H (mm)	475	475	475	475	599	599	599	616
		W (mm)	450	570	450	570	570	700	570	700
		D (mm)	424	424	424	424	424	424	424	424
		I (mm)	150	210	150	210	210	275	210	275
Pólové rozteče										
Hmotnost		≤ 25 kA (kg)	94	98	94	98	130	135	130	135
		31,5 kA (kg)	101	105	101	105	130	135	130	135
Standardizační tabulka rozměrů		1VCD	00001	00002	00001	00002	00003	00004	00003	00004
Provozní teplota		[°C]	- 25 ... + 40							
Tropikalizace	ČSN EN 60068-2-30 (IEC 60068-2-30)		■							
	ČSN IEC 721-2-1 (IEC 721-2-1)		■							
Elektromagnetická kompatibilita	ČSN EN 60694 (IEC 62271-1)		■							

Obr. 9 Technické parametry vypínačů VM1 pro napětí 17,5 kV část b [4]

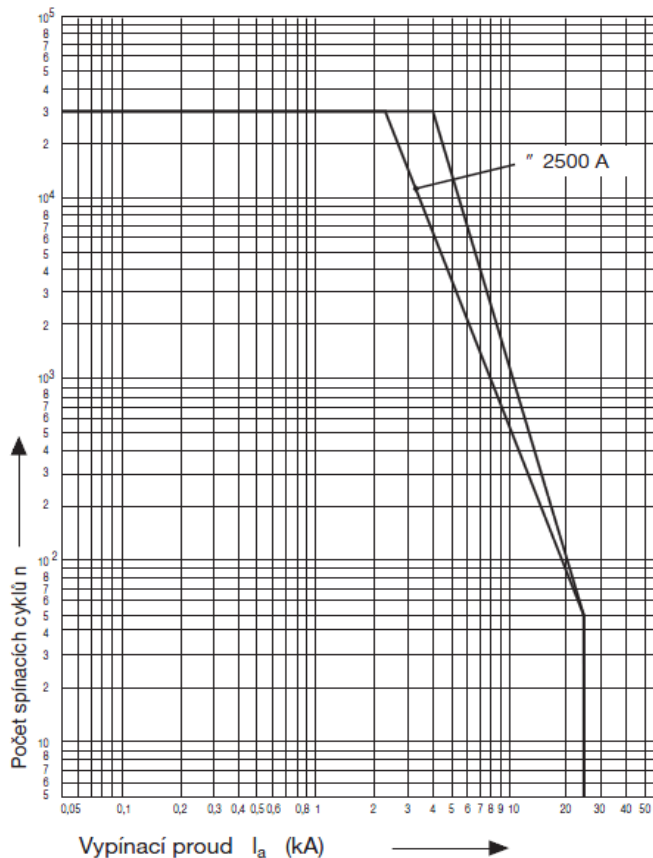
Typ vypínače	Jmenovité napětí	Jmenovitý proud	Jmenovitý vypínací proud symetrický <sup>1)</sup>	Vypínací proud nesym. <sup>1)</sup>	Jmenovitý zapínací proud (max.) <sup>1)</sup>	Jmenovitá doba zkratu	Rozteč pólů	Hmotnost <sup>2)</sup>
VM1...	kV	A	kA	kA	kA	s	mm	cca kg
1706-25	17,5	630	25	27,3	63	3	150/210	90/95
1712-25		1250					150/210	90/95
1716-25		1600					210/275	135/140
1720-25		2000					210/275	135/140
1725-25		2500					210/275	141/146
1731-25		3150					275	235

<sup>1)</sup> Při provozních napětích menších než jmenovité napětí platí stejné hodnoty jako pro jmenovité napětí. Vyšší hodnoty na dotaz. <sup>2)</sup> Samostatný přístroj bez podvozku.

Obr. 10 Značení vypínačů VM1 pro 17,5 kV [4]

Z tabulky vyplývá, že pro stanovené požadavky vyhovuje vypínač VM1 1720-25

#### 4.1.2 Dovolенý počet spínacích cyklů vakuových vypínačů VM1



Obr. 11 Dovolенý počet spínacích cyklů vakuových zhášedel VM1 1720-25 [4]

#### 4.1.3 Popis vybavy vakuového vypínače

Výbavu vypínače VM1 můžeme rozdělit na standardní a volitelné příslušenství:

a) Standardní vybavení:

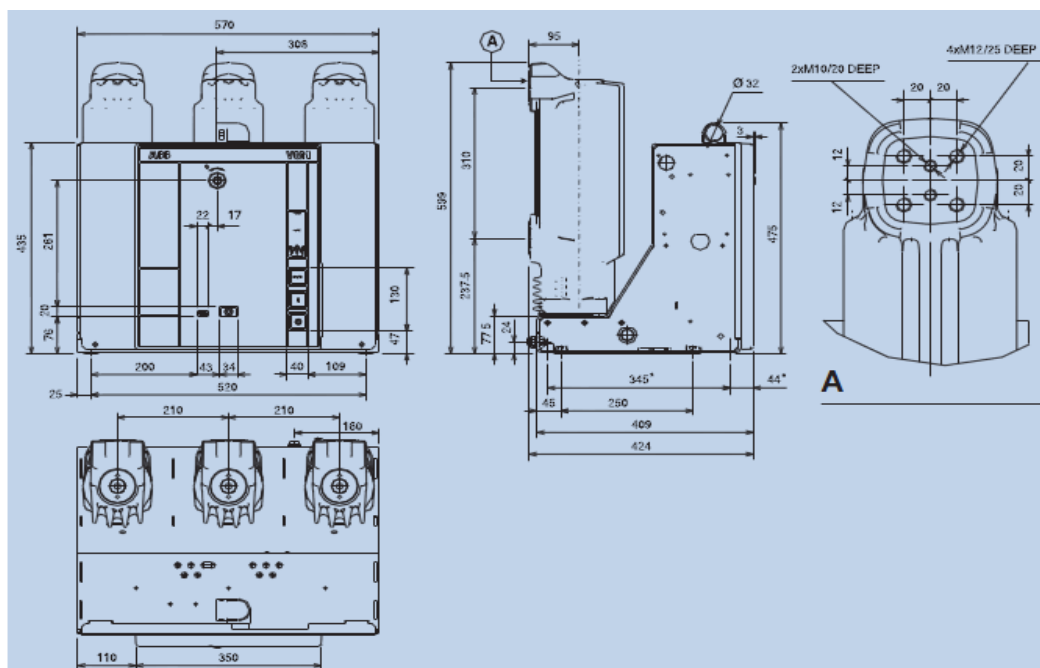
- 1) Zapínacím tlačítkem (-SC1)
- 2) Vypínacím tlačítkem (-SO1)
- 3) Mechanickým počítadlem spínacích cyklů
- 4) Mechanickým ukazatelem polohy pro vypínač vypnutý/zapnutý
- 5) Ručním nouzovým vypínacím zařízením [4]
- 6) Pákou pro ruční nouzové vypínání (množství se musí určit podle počtu kusů objednaných přístrojů)
- 7) Signálkou „READY“ pro signalizaci připraveno k ovládání
- 8) Kondenzátorem pro akumulaci energie pro ovládání

- 9) Mobilním konektorem pro přímé připojení do zásuvek elektronického modulu, pro kabeláž pomocných obvodů
- 10) Základní verzi řídicího modulu ED2.0. K dispozici jsou následující dva typy napáječů:
  - Typ 1: 24 48 V AC / 24...60 V DC
  - Typ 2: 100 240 V AC / 110...250 V DC [4]

b) Volitelné příslušenství:

- 1) Řídicí modul ED2 v plné verzi
- 2) Pomocné kontakty vypínače
- 3) Polohové kontakty na podvozku (jen pro výsuvnou verzi)
- 4) Podvozek s motorovým pohonem (jen pro výsuvnou verzi)
- 5) Zařízení pro rychlé vybíjení kondenzátoru [4]

#### 4.1.4 Rozměry vakuového vypínače VM1 1720-25



Obr. 12 náčrtek vakuového vypínače VM1 1720-25 [4]



## 4.2 Nabídka firmy Eaton

Firma Eaton díky své více než osmdesátileté zkušenosti s výrobou vakuových zhášedel vyvinula zhášedla, která jsou schopna spolehlivě spínat normální zátěžové proudy, tak i vypínat velké poruchové proudy, a to vše při zachování maximální ekologičnosti a šetrnosti k životnímu prostředí. Řada vypínačů W-VACi využívá technologie pevné izolace, která se osvědčila pro širokou škálu aplikací. [5]

Vypínače W – VACi se skládají ze tří základních stavebních bloků:

- 1) Vakuové zhášedlo (VI): Uvnitř vakuového zhášedla probíhá samotný proces spínání a vypínání poruchových proudů. Vakuové zhášedla firmy Eaton obsahují kontakty ze slitiny mědi a chromu, které zajišťují vynikající výkonové charakteristiky. Díky vakuu uvnitř zhášedla odpadávají problémy se znečištěním a korozí kontaktů. [5]
- 2) Zapouzdřená jednopólová jednotka (EPU): Zapouzdřená zhášedla vypínačů W-VACi jsou uložena v epoxidové pryskyřici. Tato sestava se nazývá zapouzdřená jednopólová jednotka, jejíž devizami jsou:
  - a) Odolnost – Epoxidová pryskyřice chrání zhášedlo proti:
    - Vibracím
    - Mechanickému poškození
    - Klimatickým podmínkám jako je vlhkost a prach [5]
  - b) Vysoký výkon – Epoxidová pryskyřice zaručuje:
    - Optimální tepelnou vodivost
    - Vysokou rezistivitu
    - Nízkou schopnost pohlcovat vlhkost
    - Vysokou odolnost proti plazivým proudům
    - Vysokou mechanickou pevnost
    - Naprostou homogenitu [5]
  - c) Kompaktnost – Díky své mechanické pevnosti sama epoxidová pryskyřice propůjčuje vypínání velmi kompaktní konstrukci [5]

3) Univerzální sestava pohonu (UMA): Vypínač W-VACi, je navržen na vysokou spolehlivost, dlouhou životnost, používá jednoduchý pružinový střadačový pohon. Výhodami tohoto řešení je:

- Integrovaná modulární konstrukce – Univerzální sestava pohonu (UMA) je společná pro všechny vypínače W-VACi typové velikosti
- Minimální kontrola – Díky modulární konstrukci, výběru materiálů a nízkému počtu pohyblivých dílů
- Dlouhá životnost a spolehlivost – Díky své jednoduché konstrukci má sestava životnost, až 20 000 mechanických cyklů a až 10 000 spínacích cyklů
- Snadné použití – Sestava pohonu využívá jednoduchou a přehlednou indikaci spínacího stavu vypínače a na provoz vyžaduje pouze malou manuální sílu [5]

#### 4.2.1 Technické parametry vypínače W-VACI pro napětí 17,5 kV

Jmenovité napětí ( $U_n$ )		kV	17,5									
Jmenovitá izolační hladina	Výdržná při síťové frekvenci ( $U_d$ )	kV 1min	38									
	Výdržná impulsní ( $U_p$ )	kV pk	95									
Jmenovitá frekvence ( $f_n$ )		Hz	50 / 60									
Jmenovitý proud ( $I_n$ )		A	630	630	800	1250	1250	1600	2000	2500 [1]	3150 [1] [2]	
Jmenovitý zkratový vypínací proud ( $I_{sc}$ )	kA	25 kA	25	-	25	25	-	25	25	-	-	
		31,5 kA	-	31,5	31,5	31,5	-	31,5	31,5	31,5	31,5	
		40 kA	-	-	-	-	40	40	40	40	40	
		50 kA	-	-	-	-	50 [1]	50 [1]	50 [1]	50	50	
Jmenovitý zkratový zapínací proud ( $I_{ma}$ )	kA pk - 50 Hz	25 kA	63	-	63	63	-	63	63	-	-	
		31,5 kA	-	79 [1]	79 [1]	79 [1]	-	79	79	79	79	
		40 kA	-	-	-	-	100	100	100	100	100	
		50 kA	-	-	-	-	125 [1]	125 [1]	125 [1]	125	125	
	kA pk - 60 Hz	25 kA	65	-	65	65	-	65	65	-	-	
		31,5 kA	-	82	82	82	-	82	82	82	82	
		40 kA	-	-	-	-	104	104	104	104	104	
		50 kA	-	-	-	-	130 [1]	130 [1]	130 [1]	130	130	
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud ( $I_k$ )		kA ef.	Stejný jako jmenovitý zkratový vypínací proud									
Jmenovitý dynamický výdržný proud ( $I_{pk}$ )		kA pk - 50 Hz / 60 Hz	Stejný jako jmenovitý zkratový zapínací proud									
Jmenovitá doba trvání zkratu		s	3									
Jmenovité napájecí napětí ( $U_g$ )		V	24 - 48 - 60 - 110 - 125 - 220 - 250 DC / 120 - 220 - 230 AC									
Stejnoseměrná složka ( $I_{dc}$ )		%	29 ...35									
Přechodné zotavené napětí spojené se zkratovým proudem vypínače ( $U_c t_3$ )		kV	30									
		ms	71									
Jmenovitý sled spínání			O-0,3s-CO-15s-CO [3]									
			O-0,3s-CO-180s-CO [4]									
Rozsah doby rozeznutí		ms	50 ± 10									
Rozsah doby vypnutí		ms	≤ 80									
Rozsah doby sepnutí		ms	50 ± 20									
Doba natažení pružiny		s	≤ 12									
Jmenovitý vypínací proud nezatiženého kabelového vedení		A, třída	31,5 A, C2									

Obr. 13 Technické parametry vypínačů W-VACi pro napětí 17,5 kV část a [5]

Jmenovitý vypínací proud za nesynchronního stavu ( $I_d$ ) Přířazený vypínačům se jmenovitým proudem > 2000 A		kA ef.	25 kA	-	-	-	-	-	-	6,25	-	-
			31,5 kA	-	-	-	-	-	-	7,9	7,9	7,9
			40 kA	-	-	-	-	-	-	10	10	10
			50 kA	-	-	-	-	-	-	12,5	12,5	12,5
Mechanická odolnost		třída	M2									
		počet operací	10,000 / 20,000 <sup>[1]</sup>									
Elektrická odolnost		třída	E2									
Pro použití v kabelových sítích		třída	S1									
Rozsah provozní teploty		°C	- 5 ... + 40									
Rozteč pólů		mm	150	150	150	150	210	210	210	275	275	
Vzdálenost mezi horní a dolní svorkou		mm	205	275	275	275	310	310	310	310	310	
Hmotnost <sup>[5]</sup>	Pevný	kg	25 kA	84	-	91	92	-	130	130	-	-
			31,5 kA	-	93	93	93	-	131	131	218	219
			40 kA	-	-	-	-	132	132	132	219	220
			50 kA	-	-	-	-	185	186	187	220	221
	Výsuvný		25 kA	111	-	123	124	-	173	173	-	-
			31,5 kA	-	124	124	125	-	174	174	285	286
			40 kA	-	-	-	-	174	174	174	286	287
			50 kA	-	-	-	-	231	232	233	287	288

Obr. 14 Technické parametry vypínačů W-VACi pro napětí 17,5 kV část b [5]

Firma Eaton nemá pro vakuové vypínače zpracovanou tabulku pro značení jednotlivých vypínačů podle jejich parametrů. Pro dané požadavky jak mi bylo sděleno na informačním oddělení firmy Eaton by odpovídal vakuový vypínač:

- IEC W-VACi Fixed 17,5 kV, 25 kA, 2000 A, 210PS, 310ULTS :

Jedná se o vakuový vypínač W-VACi pevného provedení pro jmenovité napětí 17,5 kV, jmenovitý zkratový vypínací proud 25 kA, jmenovitý proud 2000A, rozteč pólů 210 mm, vzdálenost mezi horní a dolní svorkou 310 mm. [5]

#### 4.2.2 Popis vybavy vakuového vypínače

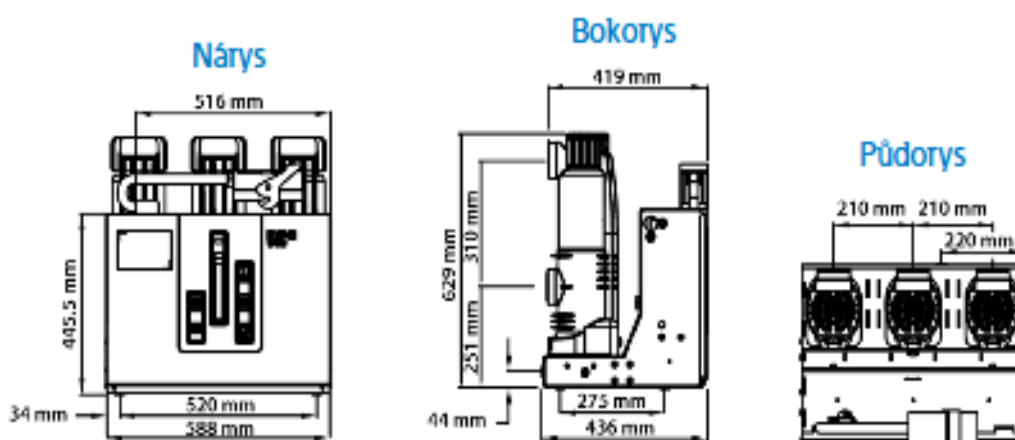
Výbavu vypínače W-VACi můžeme rozdělit na standardní a volitelné příslušenství:

a) Standardní vybavení:

- 1) Vypínací spoušť (SO1)
- 2) Zapínací spoušť
- 3) Střadačový motor pružiny
- 4) Ovládací kliku
- 5) Pomocné kontakty vypínače
- 6) Signalizační kontakty spínací pružiny

- 7) Polohové kontakty [5]
- b) Volitelné příslušenství
  - 1) Druhá vypínací spoušť (SO2)
  - 2) Podpěťová spoušť
  - 3) Elektromagnetické blokování pohonu
  - 4) Blokování pevného vypínače [5]

#### 4.2.3 Rozměry vakuového vypínače W-VACi pro 17,5 kV s roztečí pólů 210 mm



Obr. 15 náčrty vypínače W-VACi pro 17,5 kV s roztečí pólů 210 mm [5]

#### 4.3 Nabídka firmy Siemens

Nabídka firmy Siemens je založená na vakuových vypínačích SION. Vypínače SION ovládají všechny spínací funkce v systému distribuce vysokého napětí. Jsou použitelné pro:

- 1) Spínání vzdušného vedení,
- 2) Spínání transformátorů
- 3) Spínání obvodu filtrů
- 4) Spínání motorů
- 5) Vypínání zkratových proudů [6]

Vypínače SION se vyrábí pro širokou škálu pólových roztečí a vzdáleností mezi horní a dolní svorkou, jsou k dispozici v podobě pevného provedení nebo jako výsuvná jednotka. Vyznačují se

vysokou účinností, spolehlivostí, bezúdržbovým provozem a jsou stavěny, aby vydržely, až 10 000 operačních cyklů. Vakuový vypínač SION se skládá z těchto hlavních částí:

- 1) Zhášecí medium: Vakuová spínací technologie se plně využívá více než 30 let pro zhášení oblouku ve vakuu uvnitř vakuového zhášedla. [6]
- 2) Pólová sestava: Pólová sestava se skládá z vakuového zhášedla a pólové obálky. Vakuové zhášedlo je vzduchem chlazené a volně přístupné. Pólová obálka má za úkol absorbovat vnější síly vznikající při spínacích operacích. [6]
- 3) Operační mechanismus: Celý operační mechanismus s motorem spouští indikátory stavu zapnuto/vypnuto, je umístěn na montážní desce. Tento kompaktní design umožňuje velmi rychlé operační časy. Operační mechanismus je postaven na principu střadačové pružiny, která pružina může být natáhnutá ručně nebo elektricky. [6]

#### 4.3.1 Technické parametry vypínače SION pro napětí 17,5 kV

Vypínače SION mohou pracovat v podmínkách:

- 1) Provozní teplota: -5 až +40 °C
- 2) Relativní vlhkost prostředí: až 90 %
- 3) Nadmořská výška až 4000 m (nad 1000 m musí být proveden přepočít izolační pevnosti pro danou výšku) [6]

Typ	Jmenovité napětí kV	Jmenovitý zkratový vypínací proud kA	Jmenovitý proud A	Pólová rozteč (mm)								
				150			160			210		
				Vzdálenost mezi horní a dolní svorkou (mm)								
				205	275	310	205	275	310	205	275	310
3AE12	17.5	12.5	800/1250	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		16	800/1250	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		25	800/1250	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		25	2000/2500									■
		31.5	800/1250	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		31.5	2000/2500									■
		40	1250/2000									■
		40	2500/3150									■

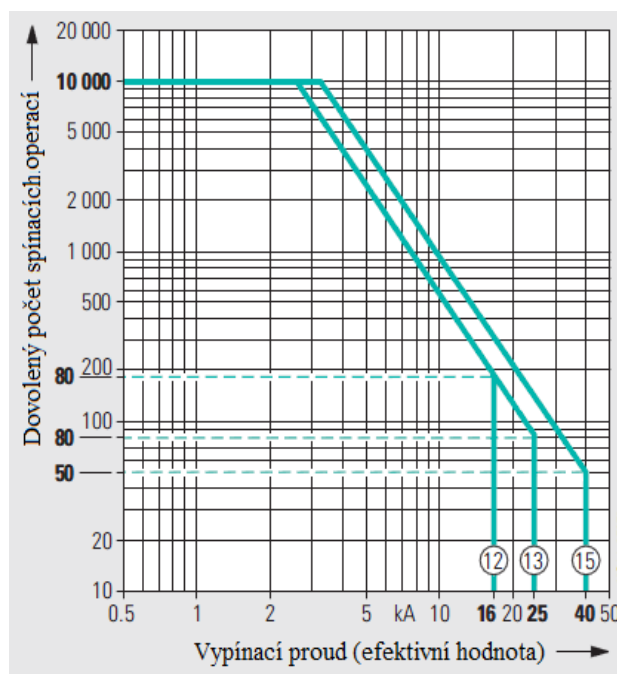
Obr. 16 Technické parametry vypínačů SION pro napětí 17,5 kV [6]

Jmenovité napětí pro 50/60 Hz	Jmenovité výdržné napětí při atmosférickém impulsu	Jmenovité výdržné napětí při 50/60 Hz	Jmenovitý zkratový vypínací proud	Jmenovitý zkratový zapínací proud	Pólová rozteč	Vzdálenost mezi horní a dolní svorkou	Jmenovitý proud	Typ vypínače									
$U_r$ kV	$U_p$ kV	$U_d$ kV	$I_{5C}$ kA	$I_{\Sigma a}$ kA	mm	mm	$I_r$ A	3	A	E	1	2	8	4	–	1	
17.5	95	38	25	63/65	210	310	800	3	A	E	1	2	8	4	–	1	
						310	1250	3	A	E	1	2	8	4	–	2	
						310	2000	3	A	E	1	2	8	4	–	4	
						310	2500	3	A	E	1	2	8	4	–	6	
						275	800	3	A	E	1	2	7	4	–	1	
						275	1250	3	A	E	1	2	7	4	–	2	
						205	800	3	A	E	1	2	6	4	–	1	
						205	1250	3	A	E	1	2	6	4	–	2	

Obr. 17 Značení vypínačů SION pro napětí 17,5 kV [6]

Z tabulky vyplívá, že pro stanovené požadavky vyhovuje vypínač SION 3AE1284-4

#### 4.3.2 Dovolný počet spínacích cyklů vakuových vypínačů SION



Obr. 18 Dovolný počet spínacích cyklů vakuových vypínačů SION pro napětí 17,5 kV [4]

Pro vypínač SION 3AE1284-4 odpovídá charakteristika č. 13

### 4.3.3 Popis výbavy vakuového vypínače

Výbavu vypínače SION můžeme rozdělit na základní a volitelné příslušenství:

a) Standardní vybavení pro provedení vypínačů :

- 1) Elektrický operační mechanismus
- 2) Vypínací spoušť
- 3) Varistorový obvod
- 4) Pomocný spínač
- 5) Připojovací konektory: 27 pólová svorkovnice
- 6) Ochrana proti opětovnému zapnutí
- 7) Počítadlo počtu spínacích operací
- 8) Polohový přepínač pro výsuvný prvek
- 9) Vnitřní zámek pro zásuvný prvek [6]

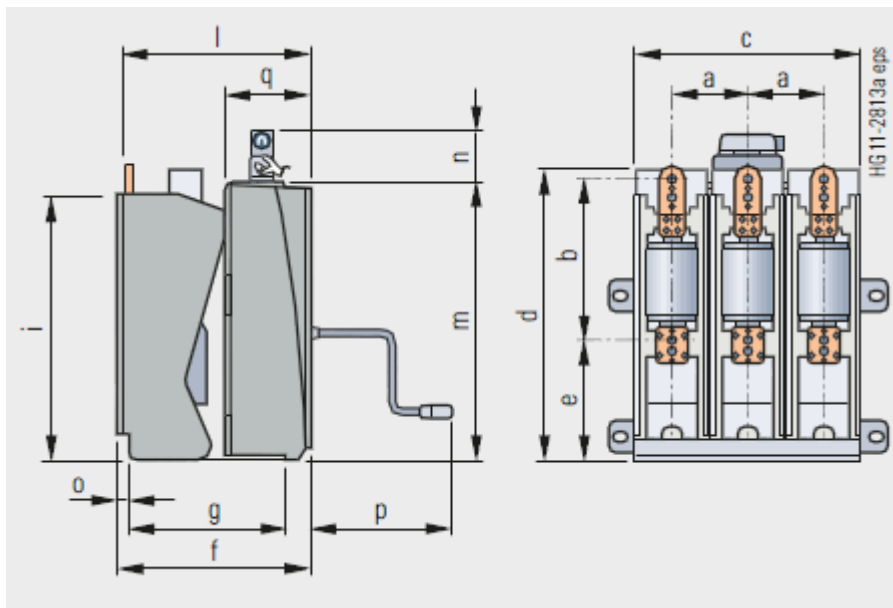
b) Volitelné příslušenství:

- 1) Vypínací spoušť s funkcí podpět'ové ochrany
- 2) Druhá vypínací spoušť s funkcí podpět'ové ochrany
- 3) Zařízení pro vypínání vypínače na dálku
- 4) Připojovací konektory: 24 a 27 pólová svorkovnice
- 5) Vysouvací panel (jen pro posuvné provedení)
- 6) Vnitřní zámek pro vypínač [6]

### 4.3.4 Rozměry vakuového vypínače SION 3AE1284-4

Napětí	Pólová rozteč a mm	Vzdálenost mezi horní a dolní svorkou b mm	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	h' mm	i mm	i' mm	k mm	l mm	m mm	n mm
17.5 kV	210	310	794	187	905	286.5	710 <sup>1)</sup>	263	335	224	274	472 <sup>2)</sup>	370 <sup>3)</sup>	540	93

Obr. 19 Tabulka rozměrů pro vypínač SION 3AE1284-4 [6]



Obr. 20 Náskres vypínače SION 3AE1284-4 [6]

#### 4.4 Srovnání nabídky jednotlivých firem

Srovnání vypínačů z hlediska technicko-ekonomického, nebylo úplně možné z důvodu konkurenčního boje mezi jednotlivými firmami. V technické dokumentaci, kterou daní výrobci poskytují a z které jsem já čerpal, není možné zjistit všechny podrobnosti jako skutečné chování oblouku při vypínání, nebo přesné složení kontaktů. Dalším faktorem je cena, která je hodně závislá na způsobu realizace, zapojení, a taky na dodatečném vybavení vypínače.

Z materiálů, které jsem měl k dispozici, jsou vlastnosti jednotlivých vypínačů velmi podobné, a bez toho, abych porovnal jednotlivé vypínače v reálných podmínkách, není možné zvolit pomyslného vítěze.

## 5 Závěr

Cílem této bakalářské práce je popis vakuového vypínače a seznámení se současnou nabídkou vakuových vypínačů na území České republiky.

V úvodu jsem osvětlil základní funkci obecného vypínače a jeho členění a následoval jsem popisem samotného vakuového vypínače a snažil jsem se osvětlit problematiku vypínání ve vakuu.

Následně jsem si sestavil kritéria pro výběr vakuového vypínače: jmenovité napětí 17,5 kV, jmenovitý proud 2000 A, jmenovitý vypínací zkratový proud 25 kA, jmenovitý zapínací proud



63 kA. Vybral jsem firmy zabývající se výrobou vakuových vypínačů a to firmy: ABB, Eaton, Siemens, a hledal jsem u těchto firem vakuové vypínače, které by splňovaly mé stanovené požadavky, abych je mohl vzájemně porovnat. U každého z vakuových vypínačů výše popsaných firem jsem nejdříve provedl krátké seznámení s jejich konstrukčním členěním včetně základního a doplňkového vybavení, následoval jsem výpisem tabulek s jejich vypínacími vlastnostmi.

V závěru provádím samotné vyhodnocení výběrového kritéria, kde jsem ale nemohl stanovit jasného vítěze, protože z materiálů, z kterých jsem čerpal, vypadají vlastnosti jednotlivých vypínačů značně podobně a navíc jsem neměl k dispozici ceník příslušných vypínačů, protože jejich výsledná cena závisí na výsledné konfiguraci, kterou zákazník požaduje a také na množství objednaných kusů.

## 6 Seznam použité literatury

- [1] **Elektrické spínací přístroje ochranné a jistící** Helštýn, Kačor, Hytka. VŠB-TU, Ostrava 2003
- [2] **Elektrické přístroje I** Ing. Otto Havelka, CSc. SNTL Nakladatelství technické literatury Praha 1974
- [3] **Vakuový vypínač – teorie, design a aplikace** Paul G. Slade, CRC press, Taylor & Francis Group Taylor & Francis Group, Boca Raton 2008
- [4] **Firemní literatura ABB s.r.o.**, 2012 [www.abb.cz](http://www.abb.cz)
- [5] **Firemní literatura Eaton Elektrotechnika s.r.o.**, 2012 [www.eatonelektrotechnika.cz](http://www.eatonelektrotechnika.cz)
- [6] **Firemní literatura Siemens s.r.o.**, 2012 [www.siemens.com](http://www.siemens.com)